

実践報告

力を見る実験：
「理科指導法」での実践

水 野 暁 子

日本福祉大学 子ども発達学部

Experiments for being able to see Mechanical Force:
Class Practice of Method of Teaching Science at Primary School

Akiko MIZUNO

Faculty of Child Development, Nihon Fukushi University

Keywords : 理科, 実験, 力

要旨

小学校教師を目指す学生たちのための理科指導法の授業で実践したことについて報告する。学生たち自身が「力を見る実験」の計画を立て、実施し、考察した。学生たちは、与えられた材料で指示された通りの方法で実施する姿勢から脱却し、自分で実験目的・方法・材料を考え、工夫することを学んでいった。その結果、学生たちは、予想が覆されることも楽しみにできるようになり、実験条件を統一することや整備することの重要性に気付き、また、身近な自然の中にも法則が存在することを実感できるようになった。

はじめに

私たちが生きている世界には、存在しているけれども簡単には見えないものがいっぱいある。この数年間、小学校教師を目指す大学生対象の理科学研究の授業（2年生対象）をしてきたが、その際、「見えないものを見る」ことを意識するようになってきた。見えないものを見ることの楽しさ（板倉，1975）を学生たちと共有したいと思ったからである。小さすぎて見えないもの、大きすぎて見えないもの、遠すぎて見えないもの、覆われているから見えないもの、過ぎてしまったから見えないもの、まだ来ないから見えないものなどを見つけることを、レポート課題の一つとしてきた。見えないものには、構造ばか

りではなく法則や機能や性質もあり、見えないものを見ようとするだけで、新しい世界が開かれ、自然や社会の構造や法則を学び、予測する力も育つことを期待しているからである。大きすぎて見えない宇宙、小さすぎて見えない微生物や原子や分子、覆われていて見えない土の中の世界や生物の体内など、学生たちは「見えないもの」を多岐にわたって挙げ、その中に「力」も含まれていた。「力」について理解することは、けっこう難しい。小学校で学んだことでも、大学生でもあやふやなこともある。一方、理科というと実験というイメージがあり、とかく派手に見せられるものが期待されたりするが、それはかえって自然を探究して理解する楽しみから遠ざかってい

るように、私には思える。教師を目指す大学生たちには、是非、自然の構造や法則を静かに見出していく楽しみを味わってもらいたい。そこで、3年生対象の理科指導法の授業において、「力を見る実験」を学生たちが自分で考えて実施することに取り組んだ。自分たちで計画し、実施し、考察する過程で、学生たちがどのように成長したか報告し、今後の課題について考えたい。

1. 理科指導法の授業の流れ：力を見ることに 関して

授業では実験や観察を行なうことが多く、その日に行なった実験や観察の結果や考察とともに、学んだことと感想をレポートに書くことにしている。以下に、「力」に関わる部分の授業の流れと学生の感想などを記す。

- 1) ものの重さ&体積：ものの重さは足すことができること、形が変わっても重さは変わらないこと、砂糖や塩を水に溶かして見えなくなっても重さは足されること、および浮力が働く場合について実測し、その結果を考察した。質量保存の法則に関わる部分は、大学生は予想も間違わなかったが、浮力が関わってくると大学生の予想も怪しくなり、「プールで泳いでいたとき、体重は0キロだと思っていた。」という感想も見られた。大学生でも、重力や浮力についての理解は十分ではないことが分かった。

また、「質量保存の法則を知らない児童に、どのように重さが変わらないことを伝えるのか。」という質問もあり、法則を見つけていくために実験するという感覚でない学生がいることも分かった。なお、実験結果について、0.1gの違いに意味があるかないかの判断も、個人個人で違いが見られたので、この段階で、実験誤差についての学習も併せて行なった。

- 2) 「力を見る実験」の計画を立てる：力学的な力を見る実験計画を立てることを課題として、まず、それぞれの実験方法を提案することにした。私からは、実験計画について以下の留意事項を挙げた。

一度にたくさんを知ろうとしてはいけない。
実験計画はシンプルに。

原理的にはできることでも条件選びは大切。

操作しやすい道具、見ようとする結果が分かりやすい実験材料を使うこと。

また、力を見る方法を考えるための参考にと、以下のようなことを提示した。

変化をとらえる：形（伸び・縮み・凹み・膨らみなど）、色、運動（動く・止まる・速度の変化・方向の変化）。

比較する。

定量化（数値化）する。

この時間の学生たちのレポート課題としては、以下の項目を挙げた。どんな力をどのように見るか
材料 方法 結果の予測 学んだことと感想

- 3) 「力を見る実験」を実施する：2) で学生たちから提案されたものから、安全に、短時間に、安価に実施できるものを10例選んで紹介した。なお、「力を見る方法」として考えられたものの中には、実際には圧力を見るものであったり、エネルギーの変換を見るものであったりするものもあったが、力が働く結果を見られるものとして、採用することにした。図1は、私が紹介した際に用いたPower Pointのスライドである。学生たちは、これらを参考に、具体的な材料や方法を工夫して実験した。
- 4) 「力を見る実験」の紹介：3) のレポートより、5例を選び、学生たちにPower Pointのファイルを作成してもらい、授業で学生たち自身が、あるいは私が代行して紹介した。
- 5) 授業で行なった実験の改善案を提案する：理科指導法の期末レポートとして、授業中に行なった実験の改善方法を提案してもらった。この際には「力を見る」というテーマに限らなかったで、「力を見る」「酸とアルカリ」「ヨウ素デンプン反応で見る植物の生活」がそれぞれ三分の一ずつほど、少数、光と音などがあった。

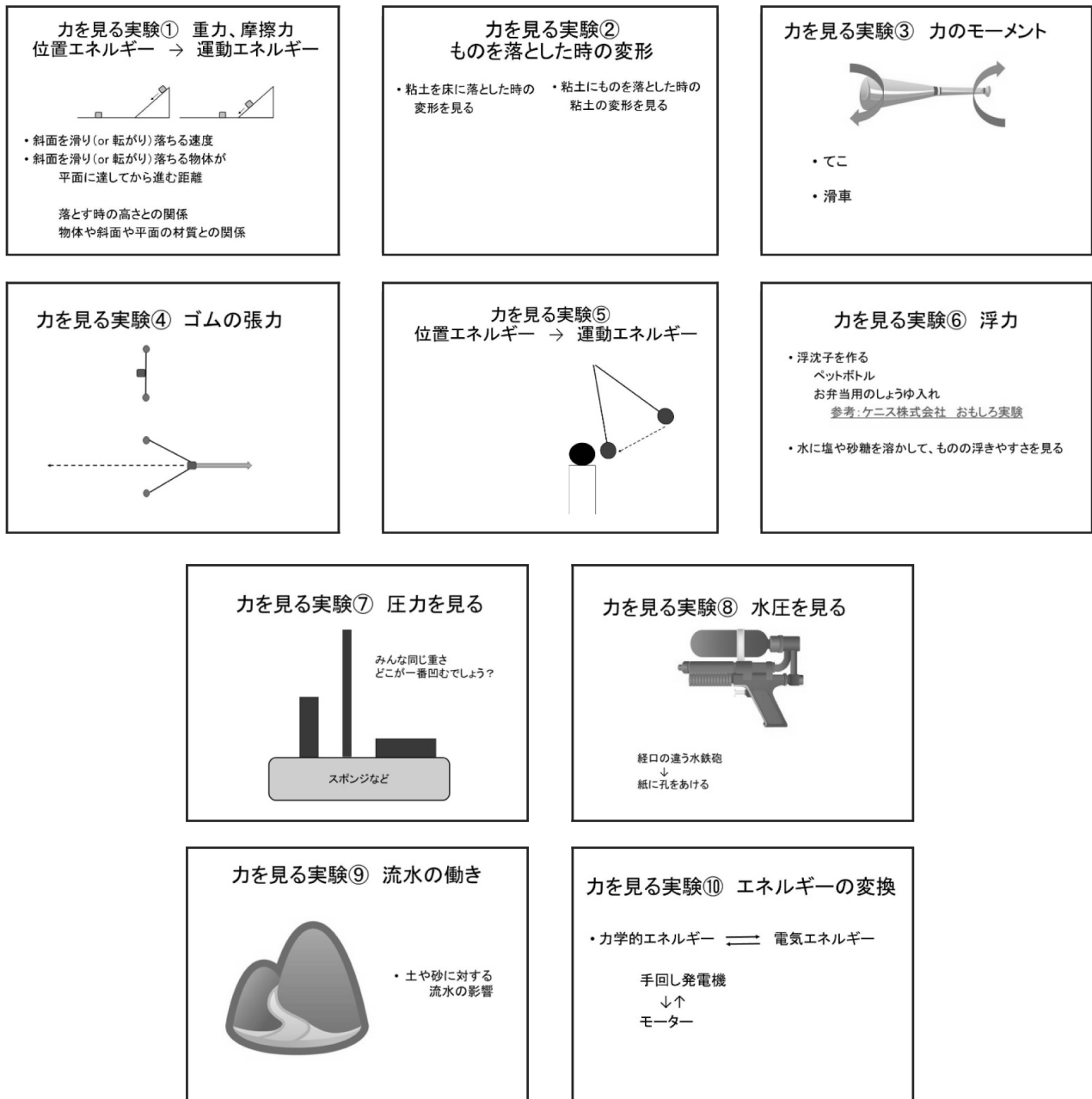


図1. 力を見る実験 (学生たちから提案された実験)

2. 「力を見る実験」の計画、実施、考察での学生たちのレポートより

1) 実験計画を立てる段階

学生たちの立てた具体的な実験計画は、図1にまとめた。ここでは、学生たちの「学んだことと感想」より、抜粋して紹介したい。

- これまで実験はやるもので、実験を考えるということとはなかったので、これからも考えていきたいと思いました。
- 実験を考える際、一度にたくさんのことを知ろうとしないもありましたが、非常に分かりやすいと思いました。この実験ではこれだけをと目的が明確であると、実験する側も分かりやすく、予想もつけやすくなります。
- こういう実験は単純なものの方が良いと先生は言っていたけど、その意味が自分でやってみるとよく分

かりました。何も指定がないときに実験を考えるのはいろんな要素が混じってしまうから難しいと思いました。単純な方が測定もしやすいし、力が目で見て分かると思いました。

- ・既存の実験に頼るのではなく、自分で考えて実験を作るとはすごく大変なことであると感じた。また、既存の実験は比較も結果も出しやすく、考察したくなることもしっかりあって、よくできていると思う。身近に思っているよりも様々な力が存在していて、無意識のうちに様々な力を使っている、という力が理解していないもの、考えたことがないものがたくさんあると感じた。
- ・今回の講義を受講して、どんな力をどのように見るかと実験を考えた時に、同じテーブルに座っている人が誰一人として同じ実験ではなく、色々な実験について同じテーブルの人と考えることができ、本当に嬉しく思いました。

「実験はやるものだった」という感想からは、これまで実験というものが学生にとってどういうものであったか認識を新たにさせられたが、私自身の小学校から大学までの実験を振り返ってみても、学校で行なう実験の大半は、目的を教師から提示され、方法や材料も用意されていて、それに従って進めるものだった。これを書いた学生はそのことに気付き、何かを知るために実験を考えることに目覚めたようである。また、他の学生の感想によれば、自分で考えてみることによって、これまで体験してきた既存の実験方法に対する評価もできるようになっている。このことは、大半の実験を既存の方法で行なうことになる教師にとって、かなり重要である。自分が工夫したものでもなくとも実験の意義をよく考え、子どもたちに伝えられることが期待できるからである。さらに、他の学生の知恵も評価でき、一緒に考える楽しみも味わえるようになっている。また、以下のように、過去の体験を活かして考えた学生もいた。

- ・今回はまず浮力について考えたが、プールなど、水につかったりした経験はたくさんあって、体が浮く経験もたくさんしてきたのに、いざ実験になるとその力の存在に気付いていなかった。力の作用について実験で分かったことから日常生活を改めて見直していくと、実験の時と同じような力の使い方を自分がしていることに気付くかもしれないと思う。
- ・私が今回、圧力を選んだのは、中学校の時に習った圧力の授業が印象に残っているからです。私はシャープペンシルのまるい部分と芯の部分を両手ではさんでどちらが痛いかということをしました。私はその

時、面積が小さいほど圧力がかかるということに感動したので、子どもたちにもその発見を味わってほしいです。力を目で見る実験は今まで意識していなかったことに気付けるので、理科の授業ではとても大切なことだと思います。

何年経っても印象に残る授業に恵まれた学生もいたということである。このような授業をしたいものである。

2) 自分たちで工夫して実験し、考察する段階

図1に示した例を参考に、自分たちで実験方法や材料を工夫して実験した。具体的な実験例を次項で紹介するが、ここでは、実験終了後のレポートより、学生たちが感じたり学んだりしたことを紹介したい。

- ・自分たちで実験道具を作って実験することがこんなに楽しいと思わなかった。
- ・自分の予想をくつがえされた感じがして、理科っておもしろいと思いました。子どもたちにも、こうやって予想をくつがえせるような授業をしたいと思います。
- ・自分たちで実験を選び、実証することの面白さが感じられ、自分たちが科学者の気持ちが味わえた気がする。
- ・前回考えていたものを実際にやってみると、思わぬ壁や想定外のことが起こると思った。小学校の実験は決められたことをただこなすだけだったので、全てが上手くいくが、こうやって考えて実験を行なうことで、実験は必ずしも全て思い通りにいかないのだということに気付かせるのも、また理科という教科の面白さかなと思った。
- ・1から自分たちで実験を考え準備することがすごく大変だと分かった。実験をしているとすごく楽しい。いろいろなことが分かり面白く感じた。
- ・何気なくあそんでいた水鉄砲の中にも、圧力という理科的な学習対象が潜んでいたことに気付いて、世の中は科学にあふれていると感じた。
- ・非常に簡単な実験だったが、その結果にどうしてなるのか、考えてみると意外にも分からないことが多く、非常に簡単な実験の中にも奥深さがあり、子どもたちにその面白さを教えていきたいと思った。まず面白い、関心が湧く実例を展開していくことが大切だと思った。

実験を工夫することや予想がくつがえされることの楽しみが感じられたようである。思い通りにいかなくても楽しめることも知った。また、日常の中に自然法則が潜

んでいることに気付くこともできた。

次のように、実験材料について書かれたレポートもあった。

- ・形か素材どちらかを統一して、実験することができたよかったです。今回の実験は楽しかったのですが、どうしてこの結果になったか追求し切れない部分がありました。また、測定ができなかったピンポン玉を時間があったらみんなで考えたかったです。
- ・やはり、物には適した大きさがあるのだということが分かった。何事もバランスですね。水圧をきつくしすぎると、物がもたないのだと思いました。
- ・実験の材料を変えることによって、異なる結果が見られた。スーパーボールが他の物質と結果が異なっているのは意外だったし、その理由も疑問であった。しかし疑問が残された実験には次の学びが用意されているように思う。
- ・力はただ強い力を伝えればその分対象物に力が伝わるのではなく、摩擦、地面の質など、条件によって力の加わり方は変わってくることが改めて分かった。

もし自分たちで考えて実験したのでなければ、教科書通りにならなくて失敗したということになっていたかもしれないが、失敗して落ち込むのではなく、意外な結果に驚き、疑問を持ち、次の学びへの期待をいただけるよう

になっている。「物には適した大きさがある」など、工学的なセンスも芽生えているようである。

3) 実験結果をまとめ、報告し、改善策を考える段階


「力を見る実験」の計画、実施は、理科指導法履修生の全員が体験したが、その中で5例を、授業中に報告した。そのうち3例は、期末レポートにおいても、同じメンバーが実験の改善提案をしていたので、授業中に報告した際のプレゼンテーション用のスライドと、その後の改善提案とを併せて紹介したい。なお、3列の実験を実施した学生たちには、本実践報告への掲載を了承いただいている。

実験例1では、きれいな結果は得られていないが、ゴムを長く伸ばすと、ミニカーが遠くまで走ることは、この実験からも分かることである。考察というと、学生たちは反省を先にしようだが、まず、「実験結果から分かったこと」を考察することが大切である。この点は授業中に指摘した。次に紹介する学生の改善提案には、何を知なのか、見るのか、どのような結果が予想されるのかが明確に書かれており、それまでに学んだことがよく活かされていると考えられる。

実験例1.「ミニカーを用いたゴムの張力を見る実験」：図1の から工夫したもの

・実験内容

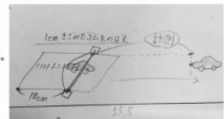
実験材料
 ...輪ゴム
 ミニカー(今回はトミカのミニカーを使用)
 計測用定規(可能な限り長いものがよい)
 紙(スタート位置を固定するために、無地が理想的)



・実験内容

実験方法

- ①...スタート位置を設定し、そこに紙を敷く。
 (注)広いスペース(5m程度が望ましい)で行うこと。
- ②...輪ゴムをスタート位置に固定し、そこに沿って線を描く。
- ③...輪ゴム中央部に、ミニカーをセットしやすいものをとりつける。
 (本実験においては消しゴム)
- ④...スタート位置の線から直角に10cmまで、1cmごとの目盛りをつけながら線を描く。
- ⑤...ミニカーをスタート位置のゴムに固定する。
- ⑥...1cm毎にゴムを伸ばしていき、ミニカーを発射。
- ⑦...ミニカーが停止するまで待ち、停止位置を記録。
- ⑧...⑤～⑦のくり返し。



・実験データ

輪ゴムを伸ばした長さ	ミニカーの進んだ距離	前の結果との差
1cm	2.0cm	17.5cm
2cm	19.5cm	27.5cm
3cm	47.0cm	20.0cm
4cm	67.0cm	37.0cm
5cm	104.0cm	55.5cm
6cm	159.5cm	29.5cm
7cm	189.0cm	65.5cm
8cm	254.5cm	107.0cm
9cm	361.5cm	
10cm	方向が安定せず測定不可能	

移動距離の伸びが一定でないことがわかる。

・原因の考察

考えられる原因として以下のようなことが挙げられる。

- ・ミニカーを放す直前においての力の加わり方が各回で異なっていること。
- ...ミニカーを持っている親指と人差し指を完全に同時に離していたか？
- ・実験環境の条件から、ミニカーの進行方向が必ずしも理想の方向にならなかったこと。
- ...1. 上記の力の加わり方の違い。
- 2. 実験していた床に存在する障害物の存在。

◎ゴムの反発力の向きがズレなく完璧に進行方向に向いていなかった。

・図(手描き)による考察

・実験を終えて学んだこと

「滑らかな平面床」
「摩擦がはたらいでない環境」
「常に正しい向きにはたらく力」

➡ 再現が難しい

ではどうすべきか？

- 極力「誤差の出ない環境」を整えて実験を行う。
- あえて「誤差の出る実験」を行ってみる。

☆「不思議現象であふれている」理科の授業、実験の世界において
自身の生活と結びつける「見えない力」が何かを見つけていこうという姿勢を作りあげる。

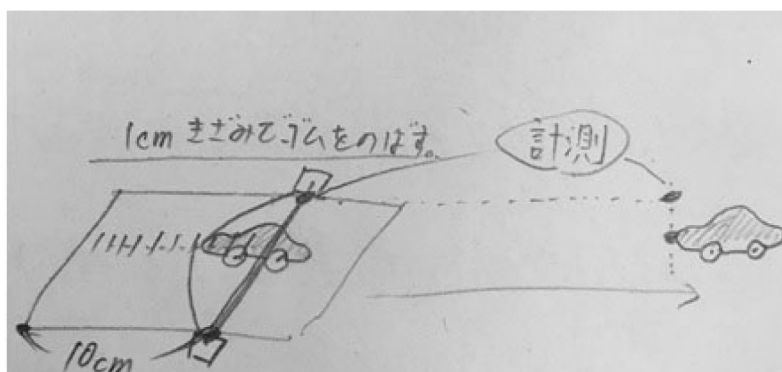


図2. 2枚目のスライド内の実験装置の図を拡大したもの

改善提案

・目的：

この実験は普段生活している上で目に見えない物理的な力を、実験することで目に見えるようにすることを目的にしてやり、その力にはある一定の法則性があることに気づくことができれば良いと考えた。具体的に言えば、ゴムの張力とオモチャの車が進む距離の関係性であったり、床がザラザラなときとスベスベなときではどのように実験結果に差が出てくるのかなどである。このように、私たちは生活の中で感覚的にやってしまったり、目にしているものの一つ一つに物理的な力が働いていることを実験を通して実感することができるようにすることを大切にしたい。

・改善策：

オモチャの車と輪ゴムと床などをスベスベにするために、ロウソクを使う。摩擦がどれほど実験に影響を与えているかも比較することができる。

車がまっすぐ進むようにレールのようなものを使う。

ゴムで引っ張る力を徐々に強くしながら10回程度繰り返す。

ゴムを引っ張った距離とオモチャの車が進んだ距離との関係を表にする。

・結果の予想：

ゴムを引っ張る力を上げれば上げるだけオモチャの車が進む距離は伸びていく。その根拠としてはゴムを引っ張る力が大きくなり、ゴムは元の形に戻ろうとする力も大きくなる。その結果車を押す力が多くなり車が進む距離が増えていく。

また、ザラザラな床やレールでやった実験よりスベスベにしたときにやった実験の方がオモチャの車が進む距離が伸びてくる。この根拠としては床からの摩擦を少なくしているためオモチャの車が進みやすくなると考えた。しかし、この予想は逆になる可能性があるとも考えた。その理由はオモチャの車は進む際に床との摩擦を利用している。そのため、床との摩擦をなくしてしまうとその分の力がオモチャの車の推進力にならない可能性があるからである。この予想に関しては実際にやってみないと分からない。また、ロウソクを塗る具合によっても変わってくるのではないかと予想した。

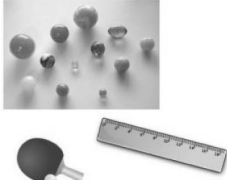
実験の目的、条件、予想それぞれ、よく考えられている。結果を是非見たいところであった。

実験例2.「いろいろなボールに当てて飛ばそう」：図1の から工夫したもの

いろいろなボールに当てて飛ばそう

・材料

- ・ものさし
- ・紙コップ
- ・ビニールテープ
- ・たこ糸
- ・吸盤
- ・ピンポン球
- ・スーパーボール（小、大）
- ・アクリルボール
- ・プラスチックボール
- ・木の玉




いろいろなボールに当てて飛ばそう

・方法

- ①紙コップの真上に吸盤をつけ、ピンポン球をたこ糸で吊るす。
- ②紙コップの上にいろいろなボールを1つ置く。
- ③15センチの高さまでピンポン球を引っ張り、離して紙コップの上のボールに当てる。
- ④紙コップからボールが飛んだ距離を測る。
- ⑤③、④を2回行い、飛んだ距離の平均を記録する。
- ⑥紙コップの上のボールの種類を変えて、③～⑤を繰り返す。
- ⑦ピンポン球をスーパーボール（大）に変えて、たこ糸に吊るし、②～⑥を繰り返す。

いろいろなボールを当てて飛ばそう

・実験の様子



自分たちで作った自作の実験器具です。

いろいろなボールに当てて飛ばそう

紙コップの上に置くボール	ピンポン球（2g）	スーパーボール大（49g）
アクリルボール（77g）	飛ばなかった	15cm
スーパーボール小（14g）	2cm	32cm
プラスチックボール（8g）	3cm	50cm
木の玉（1g）	5cm	23cm
ピンポン球（2g）	13cm	38cm

いろいろなボールに当てて飛ばそう

・考察

- ・素材や大きさ、重さが違ったので、予想がつかなかった。
→素材、大きさ、重さのどれかを統一したほうがよいのでは？
- ・ピンポン球を当てた場合の飛距離が長い順番と、スーパーボール大を当てた場合の飛距離の長い順番は同じだと予想していたが違った。
→ボールを離していたのが人なので、一定の力でボールを離していないから？
→紙コップの上のボールの大きさが違うので、当たった位置が異なるから？
→吊るしたボールと、紙コップの上のボールの素材同士の相性はどうか？

いろいろなボールに当てて飛ばそう

・最後に

・まだまだこの実験には考察と検討の余地がある素晴らしい実験であった。

ご静聴ありがとうございました！

実験例2でも、当てる方のボールが重い方が当てられた方のボールが遠くまで飛んでいるが、考察にはそのことが書かれていなかったなので、授業中に指摘した。

改善提案

- ・目的：
位置エネルギーが運動エネルギーに変わることを利用した力を見る実験をする。
- ・改善策：
当てるボールは1種類
当てられるボールは
A：同じ大きさの材質が異なるボールで実験する。
B：同じ重さの材質が異なるボールで実験する。
- ・結果の予想：
A：重い方が飛ぶ（物体の運動エネルギーは、質量が大きいほど大きくなる）
B：小さい方が飛ぶ（大きさが小さい方が空気抵

抗を受けにくい)

Aの予想は、当てるボールと当てられるボールが逆ならば当たると思われる。このあたりはまだ混乱しているようだが、比較したい条件を定めて意味のある比較ができるように考えたことは進歩である。

実験例3.「斜面を転がり落ちる速度」：図1の から工夫したもの

材料&実験方法

◆材料

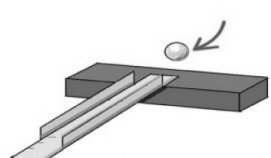
- ・ 定規
- ・ 厚紙
- ・ ペンケース
- ・ ストップウォッチ
- ・ 木の立方体
- ・ 球体
- ・ 木
- ・ 鉄
- ・ 発砲スチロール(大小)
- ・ ビーズ
- ・ スーパーボール
- ・ 魚型の醤油さし(水入り)

◆実験方法

- ① 装置作成→ペンケースに厚紙で道を作った定規を乗っける(次スライド参照)
- ② ものを転がす
- ③ 転がした地点から45cm地点に到達した速さを見る

※ペンケースの高さ(傾斜)を変え測定する→2.5cm/8cm/19cm

装置



結果

転がしたものの	2.5cm	8cm	19cm
木の立方体	動かず	動かず	途中で止まる
球体(木)	1秒75	1秒15	0秒87
球体(鉄)	1秒44	1秒12	0秒81
球体(発砲スチロール小)	1秒79	1秒22	0秒85
球体(発砲スチロール大)	1秒69	1秒19	0秒81
ビーズ	1秒65	1秒07	0秒84
スーパーボール	1秒41	1秒06	0秒96
醤油さし(魚型)	動かず	途中で止まる	25cm地点で止まる(0秒78)

考察

- ・ 人が計測したため多少の誤差は生じてしまう
- ・ ものが転がる速度について転がす高さが高ければ高いほど速くなる
- ・ 転がすものについて今回転がしたの中では、小さくて重いもの(鉄球)と大きくて軽いもの(発砲スチロールの玉)が速かった
- ・ 木の立方体と定規は相性が悪いのか、ほとんど動くことがなかった
↓
個摩擦の関係や定規と接している面積が大きかったため動かなかったのではないか

↓

ものをゆっくり転がすには転がす高さを低くし、
坂に接する面積を大きくする

実験例3では、実験結果から分かったことが考察されていた。斜面を転がり落ちる速度に寄与する要素が多くて、それ以上に考察を深めることは、この段階では難しかったが、改善提案では実験条件を揃えることや人為的な誤差を減らすことが考慮されている。

改善提案

・ 目的：

物質の大きさ、重さや滑り降りる坂の角度、また材料に使われている素材の違いによって、速度はどうなっていくか、互いにどのような影響があるのか、下る速さを計測して考察していく。

・ 改善策：

力や条件が均一になるように配慮する。

転がす道：凹型の道に球体を転がすことにより、放し方によって壁にぶつかる場合があり、タイムに影響した。その改善策としてV字型にすることによって、どんな放し方でも曲がらず真っ直ぐ進む。

転がす物：それぞれの球体に大小2種類のサイズを用意する。

放す方法：授業中にやった方法は指2本でつまみ、放した。これでは放すタイミングによって加わる力が左右バラバラになり、まっすぐ進まないなどの誤差が生まれる。改善策として、指で上から押

さえつける方法をとる。これにより、力の加わる場所が1点だけになり誤差は軽減されるだろう。(定規で支えておいて放すという提案もあった)
計測方法：授業中では、すべて人の目視を頼りに計った。これには「ここで押そう」と思うタイミングや反射神経がタイムに影響する。タイマーのスイッチを転がす物質自身に押させる方法をとった。しかし、これには勢いや重さによって押されない場合が考えられる。そのような場合が発生したことを考え動画撮影を考えた。

この実験は、「ものをゆっくり転がすにはどうしたらいいか」を知ることが当初の目的であったが、ガリレオが行なった斜面の実験と同様のものである。スイッチにはまだ工夫が必要だが、人為的な誤差を小さくするための措置としては十分意義があるので、改善提案にあるように実験条件を整えていけば、ガリレオが発見したのと同様に、物体が転がり落ちる速さは物体の重さに関係なく同じであることも見られただろう。スライドに見られる結果は測定回数が1回ずつのみであるので、回数を重ねて平均すれば、誤差の範囲で落下速度が一定になることが分かると考えられる。

3. 実験による学生たちの成長

3例の実験は、それぞれに工夫し、そのことを十分に楽しんだ実験であった。実験計画 実験 考察 改善方法の提案という一連の学習を介して、学生たちはどのように成長したかを考察し、今後の課題を見出したい。

1) 実験の目的を考える：「指示された実験を指示通りにする」からの脱却

当初、学生たちは、実験は指示された通りにやるものだと思っていて、知りたいことを知るために考えるものとは思っていなかった。これは、角屋（2013）の分析にあるような「子どもや教師にとって理科の授業は観察・実験が目的となっている」「子どもや教師が、観察・実験の結果と理論における推定値が完全に一致しなければならないと考えている」現状の結果とも言える。今回の取り組みを経て、学生たちは、何を知りたいかを意識するようになった。ただ、学生たちに対する私からの最初の問いかけが、「どんな力をどのように見るか」というものであったため、実験計画の提案の段階では「何を知りたいか、何を知りたくて実験するか」という点があいまいになった感がある。それでも、今回の取り組みを介して、学生たちは、「指示された実験を指示通りに間違いなく実施する」ことからの脱却はできるようになったと考えられる。「何を知らるか」という課題設定は、実は自然科学の研究を仕事としている者にとっても簡単ではない。今後は、予めいくつかの課題を設定して、学生たちが考えやすくするのも良いと思われる。

2) 実験方法を考え、実験材料を選べるようになった

材料や方法の考案については、学生たちには、以下のような進歩が見られた。見たいことを一つに絞れるようになった。具体的なデータを定量的に得ようとするようになり、実験回数を増やして平均値で比較しようとするようになった。実験材料に関する考察が行なわれ、それに基づいた材料選びを行なうようになった。補助具などを使って、人為的な誤差を小さくすることを考えるようになった。

3) 考察の仕方

実験結果を受けての学生たちの考察には、当初は、実験結果から何が分かったということより、うまくいかなかったことの反省のみが書かれていたりしたが、学生た

ちが実験の目的を考えるようになってとともに、考察においても実験結果から読み取れることが大切にされるようになった。残念ながら、今回は、改善方法の提案後に実験をしていなかったもので、成果としてはまだ不明である。今後は、学生たちが改善したいと考えたことをもとに、改めて実験する機会を設けたい。一つのテーマで実験を繰り返していると、理科指導法の時間内で多くのテーマに取り組むことはできなくなるが、理科における実験、自然の探究の方法を自分で探ることを経験することにより、大学の授業で取り扱わなかったテーマについても、学生たちが将来自分で考えていく能力が身につくことが期待できる。

4) その他に学生たちが学んだこと

実験の手法に関わること以外にも、学生たちが学んだことがある。自分で考えて実験する楽しさが分かるようになった。予想が覆されることの面白さが分かるようになった。自分たちで目的・方法・材料を考えて実験すると、その結果新たな疑問が生ずることがあるが、それを、次の学びに繋がると予感するようになった。

4. 自分で実験を考えることの学習効果

学生たちの成長の考察より、自分で実験を考え工夫することの学習効果についてまとめてみる。

1) 自分で実験計画を立てることの学習効果

実験の目的を考えられるようになり、知りたいことを認識し自覚する。

他人の知恵や既存の実験方法を評価する力を持つようになる。

学んだことや体験したことを繋いで考えることができるようになる。

2) 自分で材料や方法を工夫し、実験を実施することの学習効果

実験の楽しみを強く感じられる。

予想が覆されることも楽しみにできる。

科学者の気持ちを味わえる。科学者の思考を追体験できる。

身近な自然の中にも自然法則が存在することを予感・実感できる。

実験条件を揃えたり整えたりすることの必要性が分

かる。

物のサイズや力の大きさに、適した範囲があることを身を以て知る。

材料の違いを実感し、適した実験材料の選び方について考察できる。

見ようとした「力」が働く際に影響する別の力の存在に気付く。

- 3) 自分で考えた実験について考察することの学習効果
実験結果から分かることについて、考察できるようになる。

実験方法や実験材料が実験目的（知りたいことを明らかにする）に適したものであったかを考察できるようになる。

新たな疑問や課題を見出し、新たな実験計画や学習計画を立てられる。

5. まとめと今後の課題

自分たちで実験計画を立てて、方法や材料も工夫することによって学生たちが学んだことは、何よりも、「実験とは何かを知るために行なうものであること」であった。それによって、実験方法や実験材料も工夫でき、結果について考察できるようになった。学生たちがこのような経験を積む機会を多くすることが今後の課題である。「力を見る」以外の課題についても、自分たちで実験計画を立てられるよう、理科指導法の授業においては、以下のような課題がある。

実験計画を立てる際の留意事項をさらに検討する。

実験目的、実験材料、実験方法を考えやすくするワークシートの作成。

実験結果を分かりやすくまとめられるようなワークシート（報告書）作成。

考察しやすくするワークシートの作成。

また、これまで考察してきたことは、大学生にのみあてはまるものではない。小学生の段階からでも実験を工夫することを意図的に行なってもよいと思われる。ただし、大学生には一から工夫することを求めてもよいが、小学生にはいくつかの課題と実験方法や実験材料を提示して、子どもたちが選べるようにする必要があると思われる。自分で考えることが重要であっても、考える道筋を示すことは大切である。小学校の授業での取り組みについては、「見えないものの仕組みを実感を伴って理解

する」（服部，2011）実践，「理科教室」の特集「小学校からの「力」の授業づくり」（2015），「RikaTan」の特集「見えない力を見る・知る・感じる！」（2016）などからも学びたい。

謝辞

日本福祉大学子ども発達学部の理科指導法および理科研究履修生の皆様、特に、レポートを紹介させていただきました皆様に、感謝申し上げます。

参考文献

板倉聖宣（1975）「科学新入門 科学の学び方・教え方」
太郎次郎社

角屋重樹（2013）「小学校理科の現状と課題」 理科の教育，2013年10月号（vol.62, No.735）p.005-008

服部真由子（2011）「見えないものの仕組みを実感を伴って理解する理科学習：第6学年「てことつり合い」の実践を通して」 理科の教育，2011年2月号（vol.60, No.703）p.017-019

理科教室（2015）「特集：小学校からの「力」の授業づくり」2015年10月号，p.36-60

Rika Tan（2016）「特集：見えない力を見る・知る・感じる！」2016年10月号，p.29-92